長形山藥之栽培與保鮮

黃　鵬　范美玲　蔡淳瑩
花蓮區農業改良場

摘　　要

長形山藥種植時期以4月爲適，不可晚於5月，遲至6月定植者則產量銳減，而3月受氣候影響產量不穩定。種薯大小在10g至60g之間，產量隨種薯重量之增加而有升高之趨勢；不同部位之種薯，以利用頭段做種薯者較中段及尾段者萌芽爲早，產量較高。栽培時以搭架配合畦面覆蓋產量高。

塊莖採收後氯化鈣處理可減輕山藥塊莖貯藏期間切口腐爛及失重情形之發生，但長形山藥各品種間，適當之氯化鈣處理濃度不盡相同。長形山藥塊莖貯藏期間使用PE膜或眞空包裝均可有效地減少塊莖失重率，唯PE膜包裝者，會增加山藥塊莖的腐爛率，故長形山藥塊莖切塊後應採低溫眞空包裝貯藏。而山藥塊莖削皮後最適當之處理爲以0.05M檸檬酸浸泡一分鐘，再以眞空包裝貯藏於5℃，則可維持櫃架壽命達30天以上。

關鍵字：山藥、塊莖、種植時期、覆蓋、 保鮮

前　　言

山藥俗名淮山，爲薯蕷科(Dioscoreaceae)薯蕷屬(Dioscorea)之蔓性多年生植物，其食用部位爲地下之塊莖，塊莖富含營養不但能提供爲藥用並能供爲蔬菜用。山藥產於中國、日本、熱帶亞洲及中南美洲等地(Onwueme，1984；Tindall，1983；Yamaguchi，1983)，生性強健，無嚴重病蟲害，栽培容易，適合勞力不足地區作粗放栽培之用。山藥種類多，塊莖形狀依品種不同而異，可分爲圓形、掌狀、長形等，其中以長形山藥較受本省消費者喜愛，長形山藥(D. japonica Thunb. 及D. batatas等)莖蔓較爲纖細，葉較狹長，塊莖形狀爲長棍棒，在中藥中常被當做補品，故其售價極高。本省山區有野生長形山藥，以往農友多於秋冬季至山區挖掘，但因多年挖掘，所剩不多，近年農友已開始進行人工栽培。長形山藥因薯條長，塊莖深入土中長達一公尺以上，採收挖掘時極爲困難。有鑑於此，花蓮區農業改良場約在民國70年代中期開始著手進行長形山藥之研究，除進行品種選拔外，亦致力於栽培技術的改良及採收後貯藏及保鮮的研究，1992年前所作之研究結果，已整理登載在1993年之"根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊"(黃鵬，1994)，以下將1993及1994年之研究整理提供各位參考指正。

内　　容

一、長形山藥栽培技術改進

㈠長形山藥種薯切塊大小對產量之影響

山藥利用塊莖繁殖，種薯大小影響產量(Kalu，1989；Kalu et al.，1989；Kayode，1984)，各品種適宜之種薯大小亦不同，千里達山藥種薯以75g 產量較高(李玉寶及蔡炯松，1978；1979；李玉寶等，1980)，如何以最經濟之種薯用量以獲得最大之收益，值得探討。在1993年將種薯分切成10、20、30、40及60g 五個等級，在1994年將種薯分切成10、20、30、40、50及60g等六個等級。1993年之試驗結果顯示(表1)，10g及20g重之種薯，公頃產量較低，分別為8.5公噸及9.0公噸。隨著種薯重量的增加產量增加，60g重之種薯為23.7公噸。在1994年之試驗，種薯之大小對萌芽之速率及整齊性並無影響(表2)，4月13日定植，5月11日萌芽率調查，不同種量種薯之萌芽率介於12.5％～22.5％；至7月20日調查時，各處理之萌芽率介於82.5％～88.7％之間，且各處理種薯萌芽之整齊性亦無明顯之差異。1994年試驗期間，因連續逢數個颱風，如6月10日之提姆颱風登陸花蓮，造成本地區之嚴重農業災害，山藥之植株亦被颱風吹斷或葉片被吹落，接著7月份又數個颱風，影響植株的發育，造成本年之產量較往年低落許多；但產量亦有隨種薯重量之增加而有升高之趨勢(表3)。

表1. 不同種薯重量對長形山藥產量之影響(1993年)
Table 1. Effects of seed tuber weight on yield of long-shaped yam in 1993.

Seed tuber (g)	Yield (M.T./ha)	Yield (g/plant)
10	8.5	565.8
20	9.0	716.3
30	14.2	1068.4
40	12.9	969.1
60	23.7	1499.5

表2. 不同種薯重量對長形山藥萌芽之影響(1994年)
Table 2. Effects of seed tuber weight on sprouting rate of long-shaped yam in 1994.

Seed tuber (g)	Sprouting rate (%) (Month/day)							
	5/11	5/18	5/26	6/1	6/7	6/23	7/4	7/20
10	22.5a*	37.5a	61.2a	68.7a	75.0a	83.7a	86.2a	87.5a
20	13.8a	26.3a	53.7a	61.2a	71.3a	78.8a	81.2a	82.5a
30	12.5a	32.5a	53.7a	65.0a	70.0a	85.0a	87.5a	87.5a
40	17.5a	28.7a	53.7a	60.0a	67.5a	80.0a	81.2a	82.5a
50	15.0a	31.3a	58.7a	72.5a	82.5a	87.5a	86.2a	88.7a
60	18.8a	28.7a	50.0a	67.5a	75.0a	86.2a	87.5a	87.5a

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

表3. 不同種薯重量對長形山藥產量及塊莖性狀之影響(1994年)
Table 3. Effects of seed tuber weight on yield and tuber characters of long-shaped yam in 1994.

Seed tuber (g)	Yield (M.T./ha)	Marketable yield (M.T./ha)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Branch (No.)
10	2.0a*	0.4a	22.2a	1.8a	3.7b
20	3.6a	0.7a	27.0a	2.1a	7.6a
30	2.8a	0.9a	29.3a	2.0a	5.2ab
40	3.7a	1.8a	31.0a	2.3a	4.3ab
50	4.0a	1.5a	32.9a	2.2a	4.4ab
60	4.3a	1.9a	26.2a	1.9a	5.6ab

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

(二)長形山藥不同部位種薯對產量之影響

長形山藥不同部位做種薯對產量之影響有待究明。將塊莖區分爲頭段、中段、及尾段三個部位進行試驗，結果顯示(表4)，在塊莖之性狀上以頭段者薯長最長，且頭段做種薯之產量最高，單株產量可達1218.4g，其次中段之1017.9g，而尾段產量較低942.7g。具商品價植之產量亦以頭段之643.9g爲最高，商品價值產量係以塊莖之直徑1.5cm、長25cm以上且無彎彎曲曲者視爲具商品價值。田間觀察利用頭段做種薯者較中段及尾段萌芽爲早，實際田間生育日數較多，故產量較高。

表4. 長形山藥不同部位種薯對產量之影響(1993年)
Table 4. Effects of sectioned seed tubers on yield and tuber characters of long-shaped yam in 1993.

Seed yam section	Yield (g/plant)	Marketable yield (g/plant)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Branch (No.)
Head	1218.4±200.2*	643.9±186.4	91.0±7.0	3.7±0.3	11.2±2.9
Middle	1017.9±148.7	629.6±168.5	73.1±6.1	3.8±0.6	11.8±1.1
Tail	942.7±158.0	507.6±115.9	77.7±5.0	3.6±0.5	14.7±3.7

* Mean ± S.E.

㈢長形山藥植期試驗：

山藥塊莖一般具有休眠性(Mozie，1984；Onwueme，1984；Passam，1977；Rao and George，1990)，而長形山藥之休眠性較塊狀山藥千里達爲強(黃鵬，1992)。在室溫下貯藏，千里達山藥在3-4月氣溫升高時，塊莖即會開始萌芽，種植時期應不晚於每年四月(劉新裕，1989)。而長形山藥若無人爲之催芽工作則仍保持休眠狀態，部份地區之農友種植長形山藥時，常於農曆12-1月即將種薯埋入土中，從種植至萌芽常需2個多月，而塊莖埋於土中，若遇長期下雨，極易腐爛導致缺株，故於適當時期種植長形山藥，爲栽培成功之要件。爲究明不同種植時期對長形山藥生育與產量之影響，於1993年3、4、5及6月中旬將已催芽之長形山藥(D. batatas)品種壽豐山藥塊莖分別種植於花蓮縣吉安鄉田間，行株距1.2公尺×0.5公尺，於1994年重複進行試驗。

種植期是影響塊莖作物產量之重要因子，不同時期種植將影響生長期之長短，報告指出在波多梨各地區山藥(D. alata cv. Tahiti)，生育期隨定植期的不同而有不一的長短，從10月種植之113天到1月種植之250天，而塊莖之產量與生育期之長短具正相關(Arnolin and Anais，1981; Arnolin，1982; Arnolin and Mathurin，1984)。種植時期對長形山藥生育之影響，首先是影響種薯之萌芽速率及整齊性(圖1)，在1993年之試驗中，於6月1日調查時，3月種植者爲32.5％，其次4月種植者之16.3％，而5月種植者亦2.5％萌芽，在6月份時，3、4及5月種植者皆迅速萌芽，至7月2日調查時4月種植者爲87.5％，3月種植者爲82.5％，而5月種植者亦71.2％，而6月種植者僅6.3％。

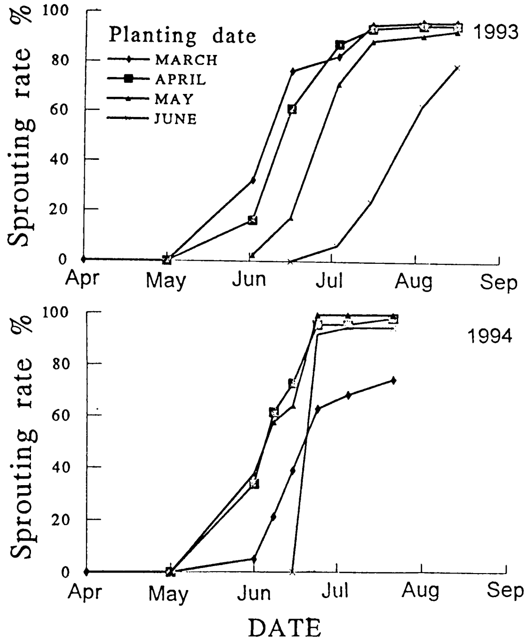

圖1. 不同種植時期對長形山藥萌芽之影響(1993及1994年)

Fig. 1. The sprouting rate of long-shaped yam 'Show-Feng' planted at various months in 1993 and 1994.

在1994年之試驗中，在5月31日調查時，以5月種植者萌芽最多達37.8％，其次4月種植者之33.8％，而3月種植者僅爲5.0％，此與1993年3月種植者萌芽率之表現截然不同。於6月23日調查時，在6月種植者亦於1週左右萌芽率即迅速達91.3％，至7月20日調查時，5月種植者達98.8％，其次4月及6月種植者97.5％及93.8％，而3月種植者僅73.8％。

二年之植期試驗顯示，4月及5月種植者萌芽率較高且萌芽較爲迅速整齊，3月及6月種植者在不同年期間差頗大。另在1992年亦曾以長形山藥自然薯品種進行植期試驗(黃鵬，1994)，3月種植者其萌芽率亦僅達53.8％，遠較其他月份爲低，此結果與1994年之結果同。

Hayashi及Ishihata(1990)指出山藥(D. alata cv. Sola)在Kagoshima地區種植，以4月產量較5及6月爲高，種植後的起初20週塊莖之乾重增加緩慢，在此時期主要是葉乾重之迅速增加；一旦葉乾重達最高後，塊莖乾重迅速增加。劉新裕（1989）之報告亦指出因千里達山藥(D. alata cv. Coconut-Lisbon)生長以溫暖氣候爲宜，春季溫度逐漸上升時，種薯即發芽出土，最初由母塊莖供應養份，隨著莖葉之生長即自行光合作用，而於6～8月間地上部莖葉之生長漸達旺盛高峰，所蓄積之養份隨即開始轉移並貯藏於塊莖上，到9～10月間塊莖之生長轉趨快速，故在台中地區種植千里達山藥，以4月種植者之產量較5月及6月種植爲高。

調查不同種植時期對產量之影響列如表5，在1993年之試驗，以4月種植者公頃產量最高15.0公噸，其次3月種植者之14.6公噸及5月份之12.2公噸，而以6月種植者6.3公噸最低。在1994年之試驗亦以4月種植者之13.0公噸最高，其次5月種植者之12.4公噸，3月及6月種植者之4.6公噸及2.2公噸最低。二年之產量皆以6月種植者產量最低，3月份種植者則隨不同年期而有很大之差異，而以4及5月之產量較穩定。分析不同月份種植產量差異的原因，在1993年之試驗，6月份種植其萌芽率遠較其他月份爲低(圖1)，故小區內之收穫株數較少，這是造成產量低落之部份原因，而最主要原因爲6月份者單株產量爲僅572.0g，較4月份種植者之1094.7g低落許多。在1994年之試驗，6月份種植者亦爲產量最低之處理，其萌芽率雖與4及5月者差異不大，但因單株產量極低僅204.1g，遠低於4及5月處理者，故造成產量最低。在1994年試驗，3月份之產量亦遠低於4、5月者，原因爲其萌芽率與單株產量皆較低，故造成產量較低，此結果與1993年之試驗不同，但與1992年利用長形山藥自然薯品種所做之試驗同(黃鵬，1994)。3月份種植者，在種植初期因不同年份間氣候差異頗大，常易受氣候之影響，造成萌芽較遲緩，種薯於土中易腐爛，導致萌芽率低缺株多，萌芽不整齊；又因初期生育不佳，影響中後期之生育亦不佳，造成單位面積產量低。

表5. 不同種植時期對長形山藥產量及塊莖性狀之影響(1993及1994年)
Table 5. Effects of planting date on yield and tuber characters of long-shaped yam 'Show-Feng' in 1993 and 1994.

Planting date (Month)	Yield (M.T./ha)	Marketable yield (M.T./ha)	Yield (g/plant)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)
			---- 1993 ----		
3	14.6a*	8.2ab	1038.5a	100.1a	3.5ab
4	15.0a	9.2a	1094.7a	85.7ab	4.1a
5	12.2a	6.2b	835.9a	70.8bc	3.6ab
6	6.3b	2.0c	572.0b	56.2c	2.4b
			---- 1994 ----		
3	4.6b	3.7b	360.3c	42.6b	2.3b
4	13.0a	12.0a	839.8b	71.9a	3.3a
5	12.4a	10.9a	870.2a	81.2a	3.7a
6	2.2b	1.4b	204.1c	40.4b	2.1b

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Lacointe及Zinsou(1987)將不同時期種植造成山藥產量顯著之差異，歸諸於山藥對熱光週期之敏感性(thermo-photoperiodic sensitivity)。而長形山藥品種壽豐山藥塊莖之形成及發育，根據調查8月初單株塊莖重量即有219g，爾後逐漸肥大，至10月起迅速肥大(黃鵬，1994)，証實長形山藥塊莖在8月時即已形成，故6月中旬種植者，植株僅有短暫之營養生長期，地上部尚未充分發育，塊莖即已形成，此時光合作用產物開始轉運入地下部之塊莖，而地上部之生長停止，因無發育良好之地上部製造光合產物，故單株產量低。此現像在塊莖作物馬鈴薯亦被證實，馬鈴薯之產量是決定於其淨同化能力及碳水化合物轉運到塊莖部位之能力(Daie，1985；Ewing，1981；Prange et al.，1990)。當馬鈴薯之塊莖形成時，將會阻礙地上部之生長，故若地上部尚未充分發育時，塊莖即已開始形成，將會影響產量(Ewing，1981；1987；Sattelmacher，1983)。故馬鈴薯欲得高產，則初期的環境應有利於地上部之生長以利於高光合產物之生產，在生長季的末期則環境應有利於轉運同化物到塊莖。

長形山藥葉片一般在10月起即開始黃化，比較生育後期葉片黃化的情形(表6)，在1993年之試驗者，在11月11日調查時，3、4及5月種植者葉片黃化比率已達30%以上，而6月種植者黃化較慢僅8.7%。而一個月後12月11日時，3、4及5月種植者皆已約達90%黃化率，而6月種植者僅62.5%，隨著定植期的延後，葉片黃化的速率較慢。在1994年試驗者，各處理葉片黃化顯現的較早，在9月21日調查時以4及5月種植者之黃化率較高30.0%及20.8%，而以6月種植者最少僅1.5%；至10月下旬時，不同月份種植者大部葉片都已黃化。二年試驗結果顯示，6月種植者葉片之黃化雖較其他月份種植者約晚半個月，但其對產量之幫助不大。

表6. 不同種植時期對長形山藥生育後期葉片黃化之影響(1993及1994年)
Table 2. Effects of planting date on leaf yellowing of long-shaped yam 'Show-Feng' during late growth stage in 1993 and 1994.

Planting date (Month)	Leaf yellowing rate (%)				
	---- 1993 ----				
	11 Nov	22 Nov	3 Dec	11 Dec	22 Dec
3	30.0 a*	37.5 a	83.7 ab	95.2 a	99.5 a
4	36.3 a	47.5 a	88.8 a	95.5 a	100.0 a
5	30.0 a	33.8 a	73.7 b	89.5 a	98.7 a
6	8.7 b	10.0 b	30.0 c	62.5 b	88.7 b
	---- 1994 ----				
	21 Sep	27 Sep	11 Oct	27 Oct	
3	6.8 bc	6.8 b	69.5 a	89.5 a	
4	30.0 a	43.8 a	92.5 a	100.0 a	
5	20.8 ab	32.5 a	96.0 a	100.0 a	
6	1.5 c	3.0 b	86.5 a	94.3 a	

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

綜合以上所述，種植期對長形山藥之生育及產量影響甚大，長形山藥壽豐品種，過早於3月種植，因種植初期溫度尚低，不易萌芽，且其萌芽率常受環境之影響不甚穩定，又萌芽後初期生育亦甚緩慢，增加田間管理之工作，而6月份種植時，因營養生育期間短，產量亦較低，故爲穩定壽豐山藥之生產能力，其種植期以4月至5月中旬爲適。

㈣長形山藥不同支架型式對產量之影響

徐原田（1981）試驗指出山藥(Dioscorea alata L.)瓶仔薯利用搭立支架栽培的方式可增產33％。爲了探討不同支架型式對於長形山藥塊莖產量之影響於1993年進行此試驗。支架之型式有二種，一爲利用竹竿搭架高1.8m之支架，另一爲利用塑鋼搭架高80cm之拱型架，二種支架皆張掛繩網。由表7顯示竹架者公頃產量爲12.3公噸與拱型架之12.1公噸差異不大，但遠高於未搭架之6.9公噸。長形山藥之葉較狹長，莖蔓纖細圓形，在未搭架之情況下莖蔓常纏繞一起，故未搭架者之產量較搭架者爲低。又長形山藥之生育期間長達8個月以上，其間常易遭逢颱風，拱型架之產量雖略低於竹架，但其較耐風值得採用。

表7. 搭架對長形山藥產量之影響(1993年)
Table 7. Effects of staking on yield of long-shaped yam in 1993.

Treatments	Yield (M.T./ha)
Bamboo staking (1.8m)	12.3
Arc stacking (0.8m)	12.1
non-staking (CK)	6.9

(五)長形山藥覆蓋資材探討

長形山藥之葉較狹長，莖蔓纖細圓形，種薯萌芽後之初期生長較慢，易發生與雜草競爭養分及光線之問題，且長形山藥之根爲淺根性，除草時若造成根之傷害，則影響生長勢。塊狀山藥千里達品種利用不同覆蓋資材黑色塑膠布、稻草及茅草可較不覆蓋分別增產15,712Kg/ha、7,008Kg/ha及5,376Kg/ha（徐原田，1979）。爲究明不同覆蓋資材對長形山藥產量及品質之影響，1993年於花蓮縣吉安鄉進行覆蓋試驗，分下列三處理，畦面覆蓋銀黑色塑膠布、稻草及未覆蓋(對照)。試驗結果以未覆蓋(對照)及稻草覆蓋處理者產量較高(表8)，分別爲17.4公噸及16.1公噸，而以銀黑色塑膠布覆蓋畦面處理者產量最低11.1公噸。薯長以未覆蓋(對照)及稻草覆蓋處理者較長，分別爲93.9cm及91.6cm，而以銀黑色塑膠布覆蓋畦面處理者薯長最短61.6cm。薯徑以未覆蓋(對照)及稻草覆蓋處理者較寬，分別爲5.0cm及4.3cm，而以銀黑色塑膠布覆蓋畦面處理者薯徑僅3.0cm。分枝數以稻草覆蓋處理及未覆蓋(對照)者較少，分別爲11.1枝及12.8枝，而以銀黑色塑膠布覆蓋畦面處理者分枝數最多達21.9枝。綜合言之，銀黑色塑膠布覆蓋畦面處理者產量僅達對照未覆蓋者之63.8%，且塊莖分枝多，商品價值低。

表8. 不同覆蓋材料對長形山藥產量及塊莖性狀之影響(1993年)
Table 8. Effects of mulching materials on yield and tuber characters of long-shaped yam in 1993.

Treatments	Yield (M.T./ha)	Marketable yield (M.T./ha)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Branch (No.)
Plastic film	11.1b*	1.0b	61.6b	3.0a	21.9a
Straw	16.1a	10.7a	91.6a	4.3a	11.1b
Non-mulching	17.4a	9.8a	93.9a	5.0a	12.8b

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

因銀黑色塑膠布覆蓋畦面對長形山藥之產量及品質並無正面之效果，故於1994年增加覆蓋資材種類，具透氣性之黑色及白色不織布重複進行試驗，試驗期間7、8及9月連續遭逢數個颱風，但其資料仍可供參考。試驗結果以稻草覆蓋處理者產量最高(表9)，公頃產量爲13.5公噸，其次爲銀黑色塑膠布之12.4噸及黑色不織布處理者之8.3公噸，而未覆蓋者爲7.9公噸，而白色不織布因其透光，雜草仍會生長故產量最低6.2公噸。商品產量各處理者以稻草之5.6公噸爲最高，且薯長及薯莖分別爲79.5cm及3.5cm，爲各處理中品質最佳者。綜合二年之結果，以稻草覆蓋效果最佳。

表9. 不同覆蓋材料對長形山藥產量及塊莖性狀之影響(1994年)
Table 9. Effects of mulching materials on yield and tuber characters of long-shaped yam in 1994.

Treatments	Yield (M.T./ha)	Marketable yield (M.T./ha)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Branch (No.)
黑色不織布	8.3b*	2.6b	65.0a	2.6b	5.2a
白色不織布	6.2c	2.6b	56.5a	2.3b	4.7a
Silver black PE	12.4a	4.7a	64.9a	2.7ab	8.3a
Straw	13.5a	5.6a	79.5a	3.5a	4.1a
Non-mulching	7.9b	3.2b	51.3a	2.3b	4.7a

* Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

二、長形山藥保鮮之研究

長形山藥塊莖往往可達80～90公分，甚至一公尺多，採收及搬運時常造成傷口。目前販售多將其截爲數段，以利貯運及販賣，故當傷口處理不當時，極易由切口感染病原菌，造成塊莖失重及腐爛；又爲開拓長形山藥市場，多數農民採用削皮後直銷超市，但山藥會因褐變而縮短櫃架壽命，影響農民收益。本研究尋求適當且對人體無害之化學藥劑及包裝方式，以解決長形山藥貯藏及販賣時腐爛及褐化之問題。

(一)氯化鈣處理對長形山藥防腐之影響

本研究供試材料爲基隆、茨城、壽豐、自然薯、東河等長形山藥塊莖，取大小一致長約三十公分之山藥塊莖進行下述處理，以0,2,4及6％之$CaCl_2$處理山藥塊莖，每處理20支，浸泡三分鐘，陰乾裝箱後，貯藏於10℃，每週調查塊莖腐爛率及失重率。

試驗期間觀察發現引起山藥切口腐爛的病原菌以青霉(Penicillium spp.)、綠霉(Aspergillus spp.)及根霉(Rhizopus spp.)三屬普遍存在於空氣中的眞菌爲主，氯化鈣處理可減輕長形山藥塊莖切口腐爛之發生(圖2)。而長形山藥各品種間，適當之氯化鈣處理濃度不盡相同，表示各品種間對氯化鈣忍受度不一。以基隆(Chi -Lung)、東河(Tung-Ho)及茨城(Tsu-Cheng)三品種而言，隨氯化鈣處理濃度之增加，明顯地降低了腐爛的發生；而壽豐山藥

(Shou-Feng) 2、4、6%之氯化鈣處理者腐爛率均比對照組低，但以2%之防腐效果較佳；而過高的氯化鈣濃度(6%)會增加自然薯(Tzyh-Jan-Shu)之腐爛率，但2、4%之氯化鈣仍有減輕腐爛發生之效果。許多報告指出，植株於果實採收前噴灑鈣或採收後進行眞空滲入及加壓浸漬，均能有效地抑制貯藏病害的發生。桃子採收前噴灑硝酸鈣、氯化鈣或採收後以2、4%氯化鈣加壓滲漏，可抑制因 Moilinia fructicola 引起的腐敗 (Conway，1987)。Penicillium expansum 是 Penicillium 屬中，爲害蘋果和梨最主要的病菌，在適當的環境下此病菌會產生 PG (polygalacturonase) 可使得 de-esterified galacturonic acid units 中的糖甘鍵結 (glycoside linkage) 切斷，造成細胞壁軟化。增加蘋果中鈣含量，則可減少由 Penicillium expansum 所產生的 PG 的活性及減少糖醛酸由細胞壁流失 (Conway et al.，1988; Hardenburg and Aderson，1981; Sams and Conway，1984)。本試驗結果與上述諸前人之研究甚爲吻合。鮮重的變化可作爲貯藏期品質之指標，氯化鈣處理對壽豐山藥切塊貯藏期間 (10℃) 失重率之影響如表 10 所示，氯化鈣可明顯降低失重率。

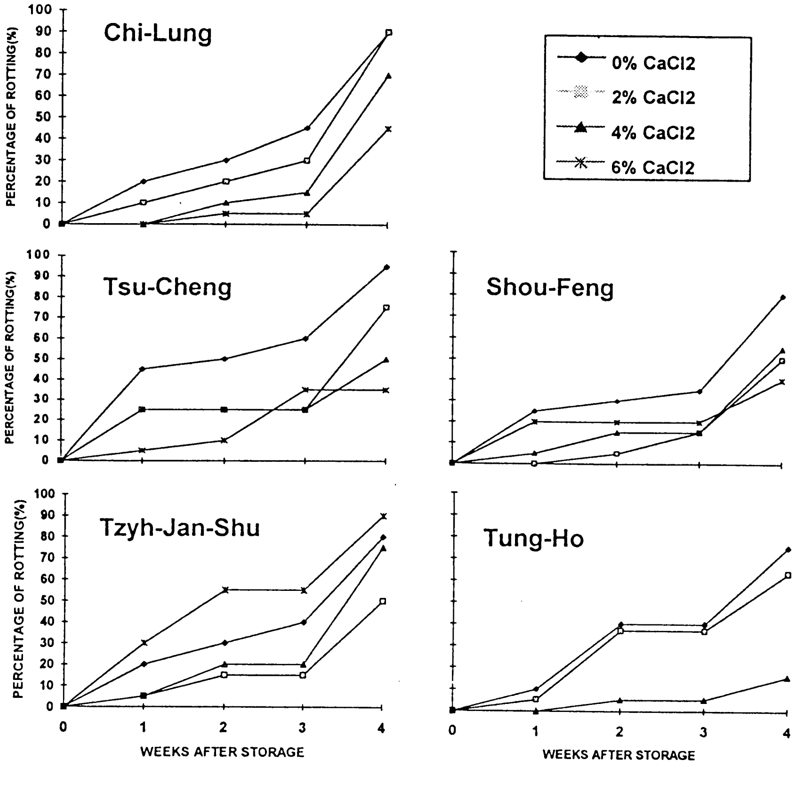

圖2. 氯化鈣處理對長形山藥塊莖腐爛率之影響

Fig. 2. Effects of calcium chloride on the percentage of rotting of long-shaped yam tubers.

表 10. 氯化鈣處理對壽豐山藥切塊貯藏在 10℃下失重率之影響
Table. 10. Effects of calcium chloride on the weight loss of 'Shou-Feng' tubers stored at 10℃.

CaCl2 %	Weeks after storage 1	2	3	4
	% of weight loss			
0	1.55±0.01*	3.72±0.02	3.72±0.03	5.07±0.02
2	0.10±0.02	2.87±0.03	3.12±0.04	4.36±0.02
4	0.99±0.01	2.47±0.01	3.29±0.01	4.28±0.01
6	1.07±0.01	1.95±0.01	3.02±0.01	4.38±0.02

* Mean ± S.E.

(二)不同包裝方式對長形山藥塊莖切塊貯藏之影響

本研究供試材料爲壽豐長形山藥塊莖，將山藥塊莖進行以下處理：①以 PE 保鮮膜行個別包裝②眞空包裝 (0.09mm 高密度眞空袋) ③對照 (不包裝)，每處理 20 支，處理後貯藏於 5 ℃。每兩週調查失重情形、腐爛率。

利用簡易包裝可減少山藥塊莖 5 ℃低溫貯藏時失重之發生，由圖 3 可知，5 ℃貯藏 2 週後，對照組即未包裝處理者，失重率已達 9.53%，而眞空包裝者失重率爲 0，而 PE 膜處理者亦僅 1.29%；5 ℃貯藏 12 週後，眞空包裝處理者僅失重 1.08%，PE 膜包裝者失重 16.04%，而不包裝者則高達 28.36%，試驗結果顯示，不論 PE 膜或眞空包裝均可有效地減少失重率，尤以眞空包裝處理者失重率最低。山藥塊莖腐爛率調查試驗結果顯示，5 ℃貯藏 2 週時，PE 膜包裝處理者塊莖腐爛率已達 45%，而未包裝及眞空包裝者均尚未見腐爛現象；貯藏 4 週後，PE 膜包裝者腐爛率高達 100%，而不包裝者爲 15.79%，眞空包裝者則仍未見腐爛現象，此因 PE 膜包裝者，會因包裝內表面凝聚大量的水滴而增加山藥塊莖的腐爛率。第 8 週調查時則 PE 膜及不包裝者腐爛率均達 100%，而眞空包裝者持續至試驗結束亦未見腐爛現象發生，顯示 5 ℃低溫利用眞空包裝處理可有效地抑制山藥塊莖之腐爛。另本試驗亦調查山藥塊莖眞空包裝後貯藏於 20 ℃之情形，第 12 週調查時，腐爛率達 45%，顯示山藥塊莖於 20 ℃貯藏時雖利用眞空包裝並無法控制腐爛之發生；而失重率亦由 5 ℃之 1.1% 提高至 20 ℃之 7.3%。故長形山藥塊莖切塊較適當的包裝方式，應採低溫眞空包裝貯藏。

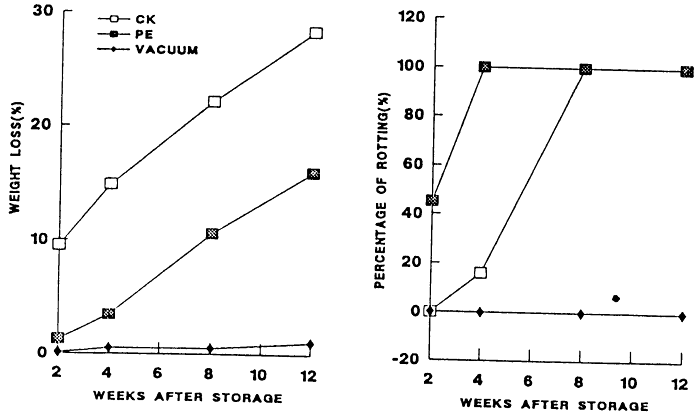

圖 3. 不同包裝方式對長形山藥塊莖貯藏在 5℃下腐爛率及失重之影響
Fig. 3. Effects of package on the percentage of rotting and weight loss of long-shaped yam 'Show-Feng' tubers stored at 5℃.

(三)山藥塊莖削皮後褐化預防試驗

1. 山藥塊莖削皮後聚酚氧化酵素(polyphenol oxidase)活性之測定：供試材料爲壽豐長形山藥塊莖，取大小一致長約三十公分之山藥塊莖削皮後，置於室溫，每天取 4 樣品，連續取樣 6 天，樣品取樣後立刻進行眞空冷凍乾燥。冷凍乾燥後磨粉至 1mm 以下，取 0.5g 冷凍乾燥粉末，加入 10ml 0.1M 磷酸緩衝液(pH 7.0)及少許海砂，於低溫下磨碎，在 13000rpm 下離心 20 分鐘(2℃)後，取出上懸液 0.1ml ，加入 2ml 0.1M 磷酸緩衝液(pH 8.0)，再加入 0.1ml 0.13 % 硫酸銅溶液(CuSO4 solution)及 0.5ml 0.5M 兒茶酚(catechol)，以 UV-2000S 光電比色計在 420nm 波長之吸光度變化，單位爲△A 420/min/ml/g.D.W. 。

2. 抗氧化藥劑試驗：供試材料爲壽豐長形山藥塊莖，取大小一致長約三十公分之山藥塊莖削皮後，進行下述處理①檸檬酸 0 、0.01 、0.03 、0.05M 浸泡一分鐘②維生素 C 0 、0.01 、0.03 、0.05M 浸泡一分鐘③未浸泡處理。處理後陰乾，眞空包裝(0.09mm 高密度眞空袋)後貯藏於 5 ℃，每處理十二支，定期調查失重率、腐爛率、褐變等級等。褐變程度共分爲四個等級，0 爲新鮮沒有褐化；1 爲些許褐化，具商品價值；2 爲褐變，不具商品價值；3 爲褐變嚴重，不具商品價值。

長形山藥塊莖削皮後直銷超市，是農民拓展山藥市場之途徑，唯山藥削皮後在短時間內即會褐化而失去商品價值，影響農民收益甚鉅。菇類採收後品質即迅速下降，最明顯的變化即是發生褐變，此褐變亦是因聚酚氧化酵素(或稱鄰－二元酚)引起，(許文俐，1990)。本試驗證實山藥塊莖削皮後褐化之主要原因爲聚酚氧化酵素之褐化反應(圖 4)，山藥塊莖之聚酚氧化

酵素活性會隨削皮後時間增加而大增，尤以貯藏後期增加特別多，由剛削皮後之3.26 A420/min/ml/g.D.W.，至第三天僅增爲12.8 A420/min/ml/g.D.W.，第四天即快速上增爲 50.8 A420/min/ml/g.D.W.，五天後即高增爲71 A420/min/ml/g.D.W.。

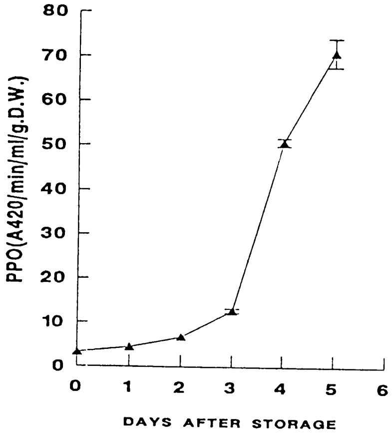

圖4. 貯藏天數對長形山藥塊莖聚酚氧化酵素活性之影響

Fig. 4. Effects of storage time on polyphenol oxidase activity of long-shaped yam 'Show-Feng' tubers. Ploted values are the means ± S.E.

目前抑制酵素性褐化之方法被廣泛之研究，如洋菇以25%或50%之二氧化碳處理，可明顯地抑制菇柄基部切口處之變色及菇柄之褐化(Murr and Morris，1974)；切絲之結球萵苣可用氣調包裝或眞空包裝以延長貯存期限(Ohta and Sugawara，1987)；使用化學藥劑減輕褐變以延長櫃架壽命者亦有報告，亞硫酸鹽因影響人體健康而漸被其它安全藥物取代，如維生素C、分離大豆蛋白、檸檬酸、Cystein等。由前人研究可知，維生素C可因其去氧化作用而延遲褐變；檸檬酸除有降低pH值使微生物作用減少外，還有抑制酵素褐變活性之功能(陳如茵等，1993; Quattrucci and Masci，1992)。故本試驗針對維生素C及檸檬酸各0.01～0.05M處理削皮山藥，由圖5可知，山藥削皮後若不處理(CK)則腐爛率達100%；若浸水則腐爛率略減，但仍高達91.67%；0.01M及0.03M檸檬酸處理可明顯地減輕其腐爛率的發生至25%，0.05M之檸檬酸處理則可完全預防腐爛之發生；維生素C隨濃度提高，腐爛率有明顯下降之趨勢，由0.01M維生素C處理之腐爛率91.67%、0.03M維生素C處理之75%，降爲0.05M維生素C處理之18.18%，證明檸檬酸及維生素C均可抑制削皮山藥塊莖之腐爛，尤以檸檬酸之效果更佳。

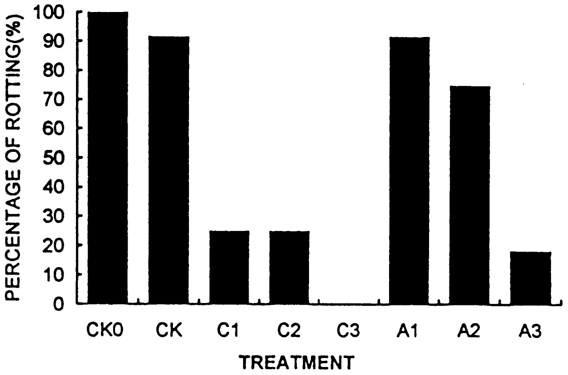

圖5. 檸檬酸及維生素C處理對5℃下貯藏30天之眞空包裝削皮長形山藥塊莖腐爛率之影響

Fig. 5. Effects of citric acid and ascorbic acid on the percentage of rotting for prepeeling long-shaped yam 'Show-Feng' tubers with vacuum packaging stored at 5℃ 30 days.

CK0 : no dipping　　CK : H_2O
C1 : 0.01M citric acid　　C2 : 0.03M citric acid
C3 : 0.05M citric acid　　A1 : 0.01M ascorbic acid
A2 : 0.03M ascorbic acid　　A3 : 0.05M ascorbic acid

圖6爲檸檬酸處理對削皮山藥表皮褐化之影響，其中以檸檬酸0.01M、0.03M、0.05M處理者，5℃下貯藏25天後，表皮僅些許褐化，仍具商品價值；未處理者10天後即不具商品價值；浸水處理也可約略減輕褐變，但15天後亦不具商品價值，證明檸檬酸可有效預防削皮山藥表面褐化之問題。綜合以上，山藥削皮後最適當之處理爲，以0.05M檸檬酸浸泡一分鐘，再以眞空包裝貯藏於5℃，則可維持櫃架壽命達30天以上。

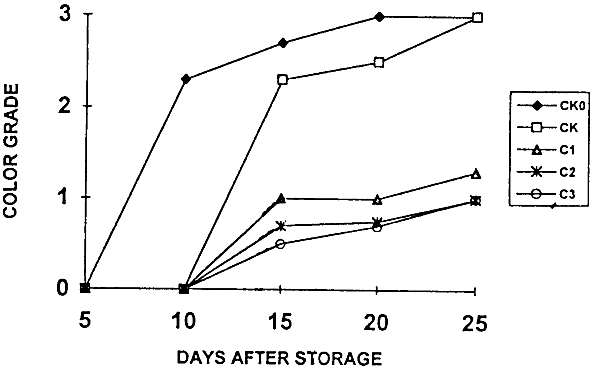

圖6. 檸檬酸處理對5℃下貯藏之削皮長形山藥塊莖表面褐變之影響

Fig. 6. Effects of citric acid on the extent of browning for prepeeling long-shaped yam 'Show-Feng' tubers stored at 5℃.

color grade : 0: fresh and excellent quality
3 : dark brown and nonsalable
CK0 : no dipping　　CK : H_2O
C1 : 0.01M citric acid　　C2 : 0.03M citric acid
C3 : 0.05M citric acid

結　論

長形山藥經多年來的研究，在品種改良上，進行種源的收集與選育，將選出品質佳、產量高的品種；在栽培技術方面，建立塑膠管誘導栽培的模式，確定適宜種植時期、種薯的用量及部位、栽培密度、覆蓋的材料，同時對塊莖的形成與發育亦有一初步的了解；在塊莖的貯藏及保鮮上亦有適宜的方法。但爲建立山藥之產業仍有下列問題待解決。

一山藥生性強健，耐病蟲害，塊莖富含營養，爲一植得推廣之作物，但山藥在本省一般消費者並不甚了解，對食用方式亦不甚清楚，故消費量少，應加強宣傳並開發新的食譜，讓消費者了解，以增大消費量。

二長形山藥塊莖休眠性強，如何能有效的打破休眠，使種薯萌芽整齊，避免於田間腐爛導致缺株，爲栽培成功的要件。

三利用塊莖繁殖，其增倍率較低，長形山藥植株可產生大量的零餘子，宜考慮利用零餘子繁殖一、二年成小種薯，以加速繁殖速率。

誌　謝

本研究承行政院農業委員會及中正農業科技社會公益基金會部份經費補助，僅此致由衷之謝意。

參考文獻

1. 李玉寶、蔡炯松。1978。山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究。台灣省花蓮區農業改良場良場業務報告(66)：56-57。

2. 李玉寶、蔡炯松。1979。山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究。台灣省花蓮區農業改良場良場業務報告(67)：54-55。

3. 李玉寶、蔡炯松、周明和。1980。山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究。台灣省花蓮區農業改良場良場業務報告(68)：81-82。

4. 徐原田。1979。不同覆蓋物對山藥產量及品質影響之研究。中華農業研究28：117-123。

5. 徐原田。1981。不同支架型式對山藥產量及品質之影響。中華農業研究30：357-361。

6. 許文俐。1990。香菇與金針菇保鮮處理之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文。

7. 陳如茵、蔡美珠、錢明賽。1993。一些調理蔬果之處理與儲存。中國園藝39：167-175。

8. 黃鵬。1992。不同貯藏溫度對山藥鮮重及品質之影響。花蓮區農業改良場研究彙報8：73-80。

9. 黃鵬。1994。長形山藥之生產改進與貯藏之研究。p.283-297。In：杜金池、程永雄、陳一心、廖嘉信編輯。根莖作物生產改進與加工利用研討會專刊。台灣嘉義。

10. 劉新裕。1989。千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究 38：312-325。

11. Arnolin, R. 1982. Vegetative cycle of the yam D. alata cv. Tahiti and Belep：influence of spaced planting. 18th annu. meeting, Caribbean Food Crops Soc. p.146-169. (AGRICOLA Abstr.)

12. Arnolin, R. and G. Anais. 1981. Some observations on the vegetative cycle of Dioscorea alata cv. Tahiti following various planting dates. 17th Annu. Meeting, Caribbean Food Crops Soc. p.207-224. (AGRICOLA Abstr.)

13. Arnolin, R. and P. Mathurin. 1984. Experiments on the vegetative cycle and yield variation of Dioscorea alata by successive monthly plantings and one-year aged seed tuber planting. Proc. 6th Symp. Intl. Soc. Trop. Root Crops. Lima, Peru. (AGRICOLA Abstr.)

14. Conway, W.S. 1987. Effect of preharvest and postharvest calcium treatment of peaches on decay caused by 'Monilinia fructicola'. Plant Dis. 71：1084-1086.

15. Conway, W.S., K.C. Gross and C.E. Sams. 1988. Inhibitions of 'Penicillium expansum' polygalacturonase activity by increased apple cell wall calcium. Phytopathology 78：1052-1055.

16. Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops. Hort. Rev. 7：69-108.

17. Ewing, E.E. 1981. Heat stress and the tuberization stimulus. Amer. Potato J. 58：31-49.

18. Ewing, E.E. 1987. The role of hormones in potato (Solanum tuberosum L.) tuberization, p. 515-538. In：P.J. Davies (ed). Plant hormones and their role in plant growth and development. Nijhoff, Boston.

19. Hardenburg, R.E. and R.E. Anderson. 1981. Keeping qualities of 'Stayman' and 'Delicious' apples treated with calcium chloride, scald inhibitors and other chemicals. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106：776-779.

20. Hayashi, M. and K. Ishihata. 1990. Studies on the development and the thickening growth of tubers in yams, Dioscorea spp. 1. Some characteristics of the development of cv. Solo Yam, D. alata L. Jpn. J. Trop. Agr. 34(3)：151-155.

21. Kalu, B.A. 1989. Seed yam production by minisett technique：evaluation of three Dioscorea species in the Guinea and derived Savanna zone of Nigeria. Trop. Agr. (Trinidad) 66：83-86.

22. Kalu, B.A., J.C. Norman, U.R. Pal and D.K. Adedzwa. 1989. Seed yam multiplication by the mini-sett technique in three yam species in a tropical Guinea Savanna location. Expt. Agr. 25 : 181-188.

23. Kayode, G.O. 1984. Effects of sett size and spacing on tuber yield of white Guinea yam (Dioscorea Rotundata) in the rainforest and Savanna zones of Nigeria. Expt. Agr. 20 : 53-57.

24. Lacointe, A. and C. Zinsou. 1987. Effect of planting date on growth and development of yam (Dioscorea alata L.) plantlets from in vitro culture. Agronomie 7(7) : 475-481.

25. Mozie, O. 1984. The nature of shoot dominance in white yam tubers (Dioscorea rotundata Poir). J. Agr. Univ. Puerto Rico 68 : 335-340.

26. Murr, D.P. and L.L. Morris. 1974. Influence of O2 and CO2 on o-diphenol oxidase activity in mushrooms. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 155-158.

27. Ohta, H. and W. Sugawara. 1987. Influence of processing and storage conditions on quality stability of shredded lettuce. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 34 : 432-438.

28. Onwueme, I.C. 1984. Yam. p.569-588. In : P.R. Goldsworthy. and N.M. Fisher (eds.). The physiology of tropical field crops. John Wiley & Sons Ltd., New York.

29. Passam, H.C. 1977. Sprouting and apical dominance of yam tubers. Trop. Sci. 19 : 29-39.

30. Prange, R.K., K.B. McRae, D.J. Midmore, and R. Deng. 1990. Reduction in potato growth at high temperature : Role of photosynthesis and dark respiration. Amer. Potato J. 67 : 357-369.

31. Sames, C.E. and W.S. Conway. 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content and quality of 'Golden delicious' apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 53-57.

32. Rao. M.M. and C. George. 1990. Studies to extend the dormancy of white yam (Dioscorea alata L.). J. Agr. Univ. Puerto Rico 74 : 213-219.

33. Sattelmacher, B. 1983. A rapid seedling test for adaptation to high temperatures. Potato Res. 26 : 133-138.

34. Tindall, H.D. 1983. Dioscoreaceae. p.201-224. In : H.D. Tindall. (ed.). Vegetables in the tropics. Macmillan Press, London.

35. Yamaguchi, M. 1983. Yam. p.139-147. In : M. Yamaguchi. (ed.). World vegetables. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, U.S.A.

The Cultivation and Preservation of Long-shaped Yam

Peng Hwang, Mei-Ling Fan, and Chun-Ying Tsai
Hualien District Agricultural Improvement Station

Summary

April is recommended as the optimum planting date for long-shaped yam, and planting no later than middle May. The yield would reduced sharply if planted lately in June. The unstable yield, planted in March, was found due to climate. The yield increased as the weight of seed tuber increased from 10g to 60g. Planted with various sections of seed tuber, head section seed tuber sprouted earlier than middle or tail section, and got the maximum yield. For improving production, staking culture and mulching with straw are also recommended.

Soaking yam tubers in calcium chloride solution after harvest, the decrease in rotting rate and weight loss was found during storage. The optimum concentration of calcium chloride varied depending on cultivars. Less weight loss was found as tubers packed with PE film or vacuum packaging than unpacked. For PE film package inducing rotting, tubers stored at 5 ℃ with vacuum packaging is suggested. For prepeeling yam tubers, the treatment of soaking tubers in 0.05M citric acid solution for one minute, and then vacuum packaging is suggested. With the treatment, the shelf life could last to 30 days at 5 ℃.

key words : Yam, Dioscorea batatas, Tuber, Planting date, Mulching, Preservation